

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051338

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 014 177.0  
Filing date: 23 March 2004 (23.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 09 June 2005 (09.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

0 2 JUN 2005



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 014 177.0

**Anmeldetag:** 23. März 2004

**Anmelder/Inhaber:** Continental Teves AG & Co. oHG,  
60488 Frankfurt/DE

**Bezeichnung:** Reifenseitenkraftbestimmung in elektrischen  
Lenksystemen

**IPC:** G 01 L, B 62 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Mai 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Letang'.

## Reifenseitenkraftbestimmung in elektrischen Lenksystemen

Für viele Fahrdynamikregelsysteme wäre die Seitenkraft an den Rädern eine hilfreiche Eingangsgröße. Die Seitenkraft könnte z.B. für die Bestimmung des Reibwertes oder die Schätzung des Schwimmwinkels verwendet werden.

Moderne elektromechanisch oder elektrohydraulisch unterstützte Lenksysteme bzw. vom Fahrer mechanisch entkoppelte elektromechanische oder elektrohydraulische Lenksysteme enthalten prinzipbedingt Kraft- oder Momentensensorik aus denen die Lenkstangenkraft (Zahnstange bei Zahnstangenlenkung) oder Spurstangenkräfte gemessen oder berechnet und darüber die Reifenseitenkräfte bestimmt werden können.

Das im folgenden beschriebene Verfahren nutzt diese Sensorik um die Reifenseitenkräfte zu bestimmen.

In elektromechanisch oder elektrohydraulisch unterstützten Lenksystemen wird das vom Fahrer aufgebrachte Moment  $M_L$  gemessen um die vom Elektromotor aufzubringende Verstärkung  $V_L$  zu berechnen und einzustellen.

Mit der Übersetzung  $i_{L1}$  (in der Regel lenkwinkelabhängig) zwischen Lenkradmoment und der Summenlenkstangenkraft  $F_{L, sum}$  sowie der Lenkverstärkung  $V_L$  berechnet sich die Summenlenkstangenkraft zu

$$F_{L, sum} = M_L \cdot V_L \cdot i_{L1}(\delta)$$

Die Summenlenkstangenkraft resultiert aus der Addition der von der rechten und der linken Spurstange senkrecht auf die Lenkstange wirkenden Kräfte  $F_{Lr}$  und  $F_{Li}$ .

In vom Fahrer mechanisch entkoppelten elektromechanischen oder elektrohydraulischen Lenkungen werden entweder beide Lenkstangenkräfte einzeln ( $F_{Lr}$  und  $F_{Li}$ ) oder ebenfalls die Summenspurstangenkraft  $F_{L, sum}$  gemessen oder aus

dem Motorstrom und/oder der Motorposition des bzw. der Elektromotoren geschätzt. Diese Kräfte werden z.B. für die Generierung des haptischen Lenkgefühls benötigt.

Die Vorgehensweise zur Berechnung der Einzellenkstangenkräfte  $F_{L,r}$  und  $F_{L,l}$  ist bis auf die Parameter und Kraftwirkrichtungen identisch und wird daher im folgenden am Beispiel eines Rades ohne Radindizes durchgeführt.

Zwischen der Lenkstangenkraft  $F_L$  und dem Rückstellmoment  $M_Z$  um die Lenkachse (Hochachse um die sich das Rad dreht) wirkt eine zweite, ebenfalls lenkwinkelabhängige Übersetzung  $i_{L2}(\delta)$ :

$$M_Z = F_L \cdot i_{L2}(\delta)$$

In dieses Rückstellmoment geht die gesuchte Seitenkraft  $F_Y$  über den sogenannten Seitenkrafthebelarm  $n_{\sigma,t}$  und die kinematische Spreizung  $\sigma$  ein.  $M_{Z,Y}$  entspricht hier dem **Rückstellmoment durch die Seitenkraft**:

$$M_{Z,Y} = F_Y \cdot \cos \sigma \cdot n_{\sigma,t}$$

Der Seitenkrafthebelarm  $n_{\sigma,t}$  setzt sich zusammen aus einem kinematischen Anteil  $n_{\sigma,k}$  und einem Anteil der sich durch die Verschiebung  $r_{\tau,T}$  des Angriffspunktes der Seitenkraft hinter die Radmitte bei vorhandenem Schräglaufwinkel ergibt. Letzterer muß noch über den Nachlaufwinkel  $\tau$  auf die Senkrechte zur Lenkachse umgerechnet werden (siehe Bild 1):

$$n_{\sigma,t} = n_{\sigma,k} + r_{\tau,T} \cdot \cos \tau$$

Das Rückstellmoment durch Seitenkraft ergibt sich damit zu:

$$M_{Z,Y} = F_Y \cdot \cos \sigma \cdot (n_{\sigma,k} + r_{\tau,T} \cdot \cos \tau)$$

Neben der Seitenkraft wirken weitere Kräfte momentenbildend auf die Lenkachse. Um diese Momente von dem durch die Seitenkraft erzeugten Moment separieren zu können, werden im folgenden die einzelnen Berechnungsformeln angegeben.

#### **Rückstellmoment durch Bremskraft:**

Die Bremskraft  $F_B$  wirkt über den sogenannten Bremskrafthebelarm  $r_b$  (siehe Bild 2) bereinigt um die Kräfteaufteilung durch den Nachlaufwinkel  $\tau$  als Moment  $M_{Z,B}$  auf die Lenkachse.

$$M_{Z,B} = F_B \cdot \cos \tau \cdot r_b$$

Der Bremskrafthebelarm berechnet sich über die Spreizung  $\sigma$  aus dem Lenkrollhalbmesser  $r_\sigma$  und der Spreizung  $\sigma$ :

$$r_b = r_\sigma \cdot \cos \sigma$$

Das Rückstellmoment durch die Bremskraft ergibt sich damit zu:

$$M_{Z,B} = F_B \cdot \cos \tau \cdot r_\sigma \cdot \cos \sigma$$

Diese Berechnung gilt nur für Fahrzeuge mit außenliegender Bremse. Für Fahrzeuge mit innenliegender Bremse ist statt dem Bremskrafthebelarm der im nächsten Abschnitt eingeführte Störkrafthebelarm zu verwenden.

#### **Rückstellmoment durch Rollwiderstandskraft:**

Im Gegensatz zur Bremskraft wirkt die Rollwiderstands- und Antriebskraft nicht über den Bremskrafthebelarm sondern über den sog. Störkrafthebelarm momentenbildend auf die Lenkachse. Die unterschiedlichen Wirkhebel kommen daher zustande, da für Antriebs- und Rollwiderstandskraft kein Moment, sondern nur eine Kraft zwischen Rad und Radträger übertragen wird. Bei Freischneiden in Radmitte ist  $F_R' = F_R$  (siehe Bild 3) und damit ergibt sich das Rückstellmoment durch Rollwiderstandskraft zu:

$$M_{Z,R} = F_R \cdot \cos \tau \cdot r_\theta$$

Hierbei ist  $r_\theta$  der senkrecht auf die Lenkachse stehende Hebelarm (siehe Bild 3).  $\cos \tau$  berücksichtigt die Kräfteaufteilung aufgrund des Nachlaufwinkels.

#### **Rückstellmoment durch Hochkraft:**

Das durch die Hochkraft hervorgerufene Rückstellmoment ist insbesondere bei kleinen Geschwindigkeiten (geringe Seitenkräfte) von Bedeutung.

Aufgrund der Spreizung  $\sigma$  wirkt die mit  $\cos \tau$  skalierte Hochkraft  $F_Z$  abhängig vom Lenkwinkel  $\delta$  mit dem Hochkrafthebelarm  $q$  als Rückstellmoment (siehe Bild 4):

$$M_{Z,Z1} = F_Z \cdot \cos \tau \cdot \sin \sigma \cdot \sin \delta \cdot q$$

Der Hochkrafthebelarm oder auch Lenkhebelarm  $q$  berechnet sich wie folgt:

$$q = (r_\sigma + r_{dyn} \cdot \tan \sigma) \cdot \cos \sigma$$

Das Rückstellmoment berechnet sich mit dem Hochkrafthebelarm zu:

$$M_{Z,Z1} = F_Z \cdot \cos \tau \cdot \sin \sigma \cdot \sin \delta \cdot (r_\sigma + r_{dyn} \cdot \tan \sigma) \cdot \cos \sigma$$

Zusätzlich zu dem durch die Spreizung hervorgerufenen Moment wirkt die Hochkraft aufgrund des Nachlaufs  $\tau$  auf das Rückstellmoment (siehe Bild 5)

$$M_{Z,Z2} = F_Z \cdot \sin \sigma \cdot \cos \tau \cdot \sin \delta \cdot n_\tau$$

#### **Berechnung der Seitenkraft für ein Rad:**

Die gesuchte Seitenkraft  $F_Y$  berechnet sich aus dem über die Lenkstangenkraft ermittelten Gesamtückstellmoment  $M_Z$  schließlich zu

$$F_Y = (M_Z - M_{Z,B} - M_{Z,R} - M_{Z,A} - M_{Z,Z1} - M_{Z,Z2}) / (\cos \sigma \cdot (n_{\tau,k} + r_{\tau,T} \cdot \cos \tau)$$

**Ansprüche:**

- 1) Verfahren, dass in einem elektrischen Lenksystem die vom rechten und linken Rad auf die Lenkstange wirkenden Einzelkräfte oder die Gesamtkraft misst oder berechnet und über diese Lenkstangenkräfte/-kraft die Reifenseitenkräfte bestimmt.
- 2) Verfahren nach 1), wobei die Summe der Lenkstangenkräfte aus dem gemessenem vom Fahrer aufgebrauchten Lenkmoment und der Lenkverstärkung und einer Lenkübersetzung berechnet werden.
- 3) Verfahren nach 1) in vom Fahrer mechanisch entkoppelten elektromechanischen oder elektrohydraulischen Lenksystemen, das die Lenkstangengesamtkraft aus dem Motorstrom und/oder der Motorposition des Elektromotors oder der Elektromotoren schätzt.
- 4) Verfahren nach 1), 2) oder 3) wobei die berechneten Seitenkräfte zur Schwimmwinkelschätzung verwendet werden.
- 5) Verfahren nach 1), 2) oder 3) wobei die berechneten Seitenkräfte zur Reibwertschätzung verwendet werden.

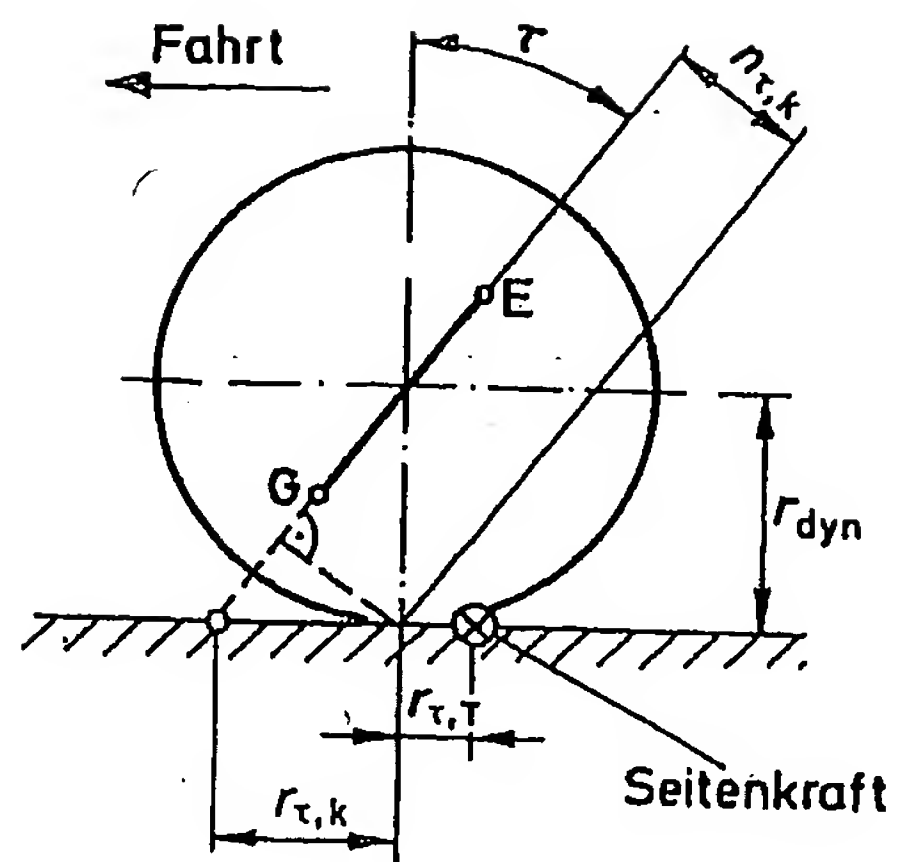
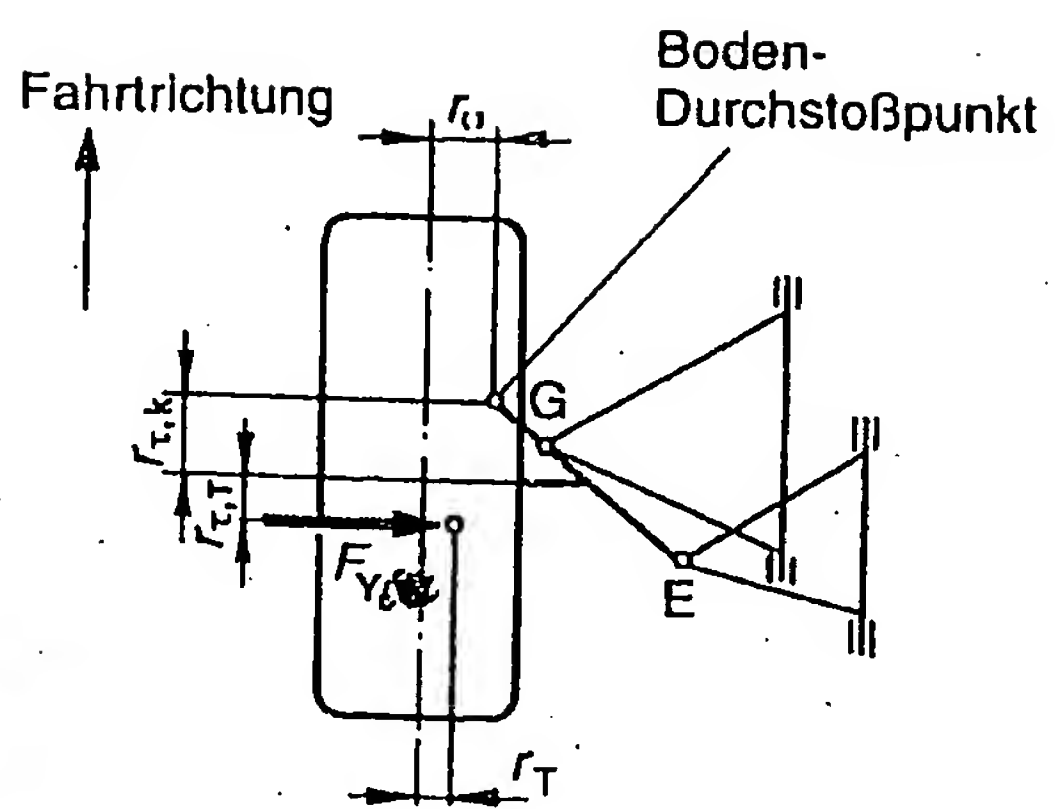
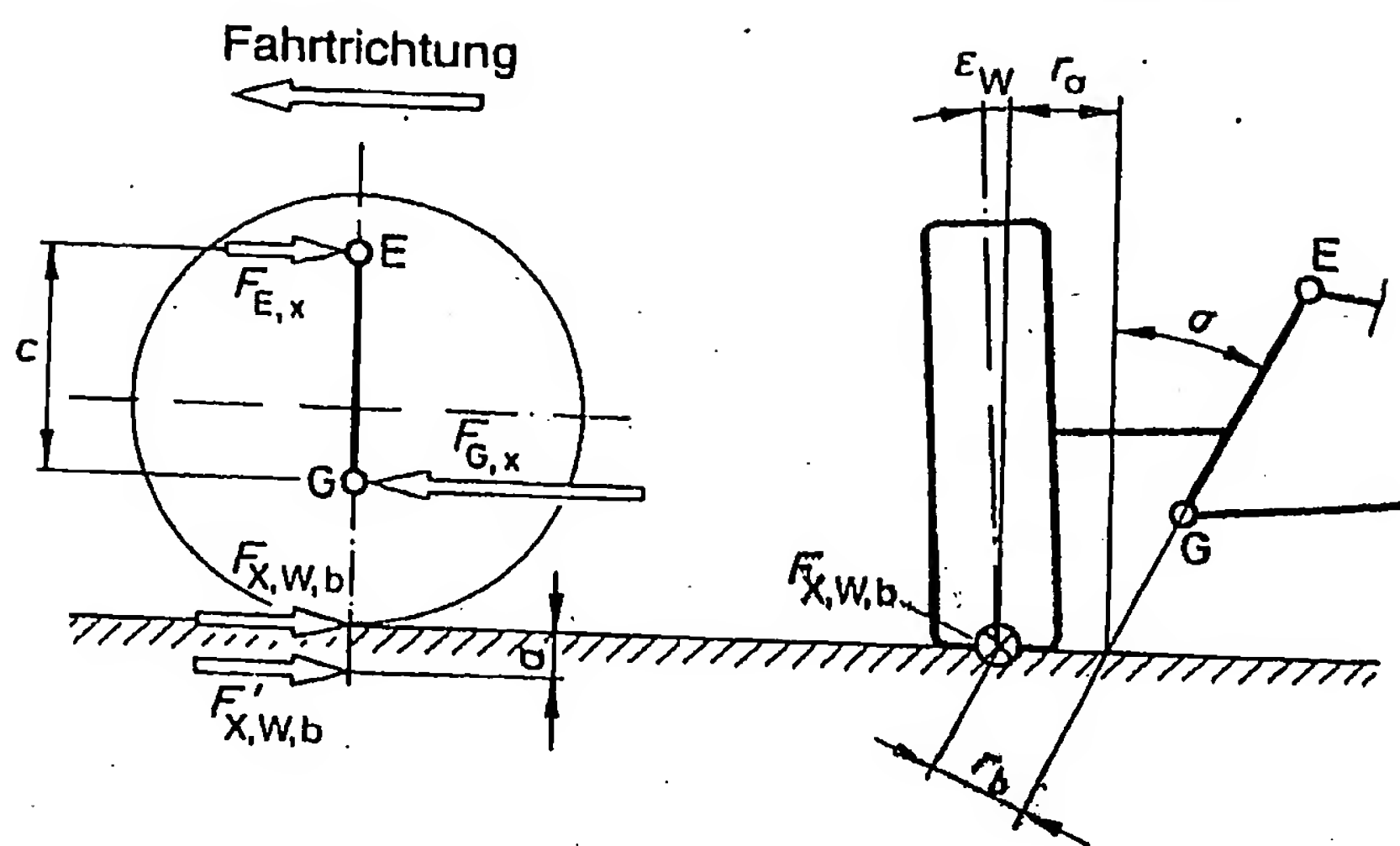
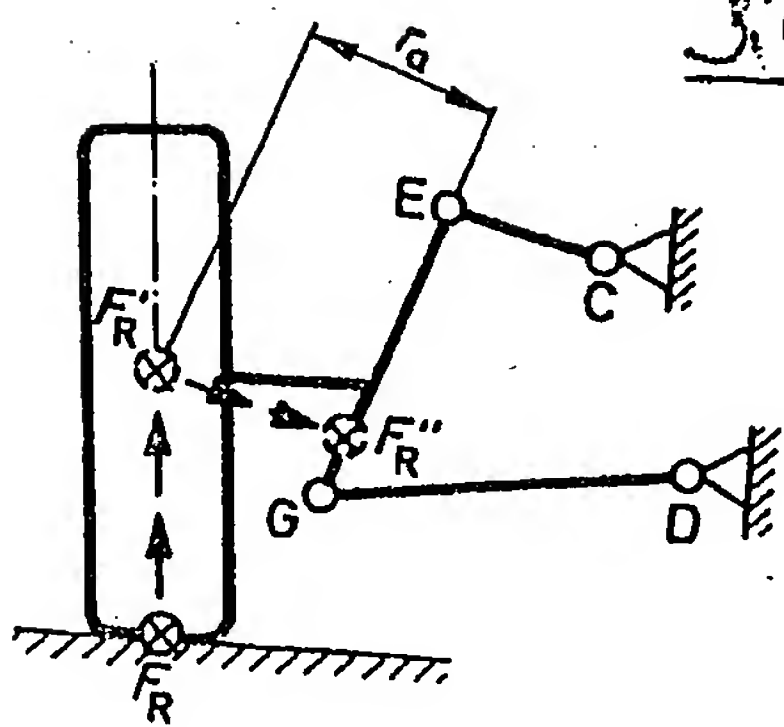


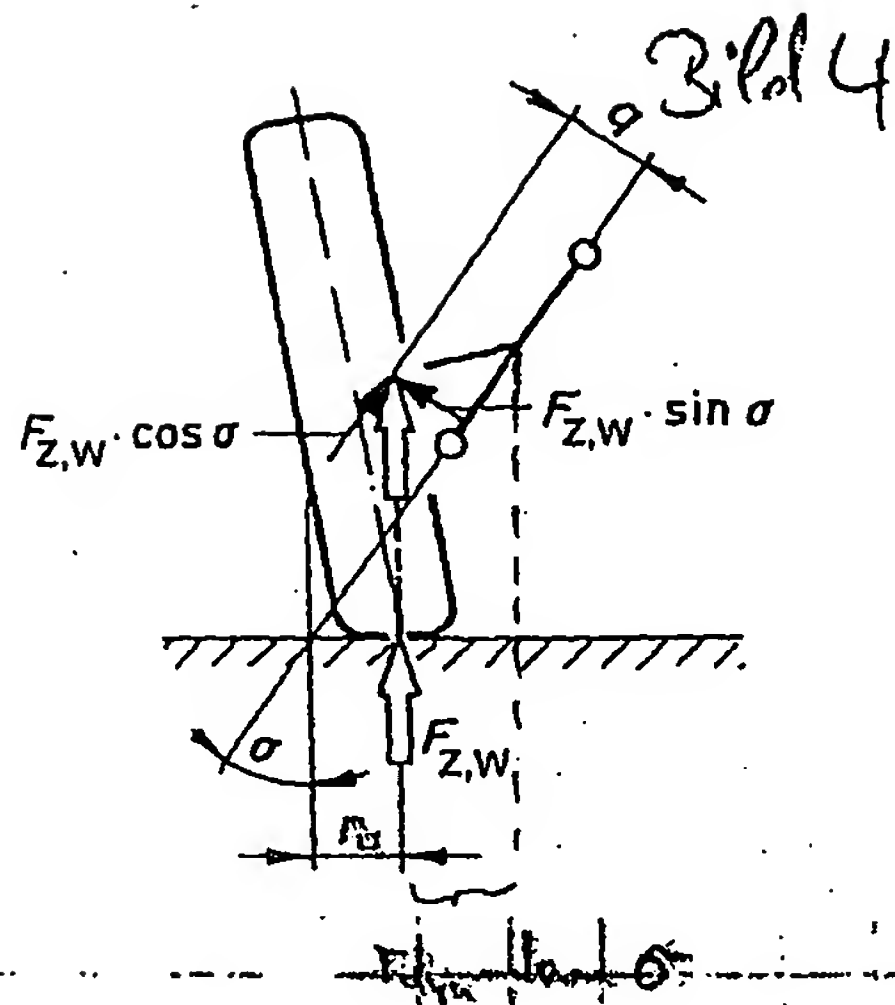
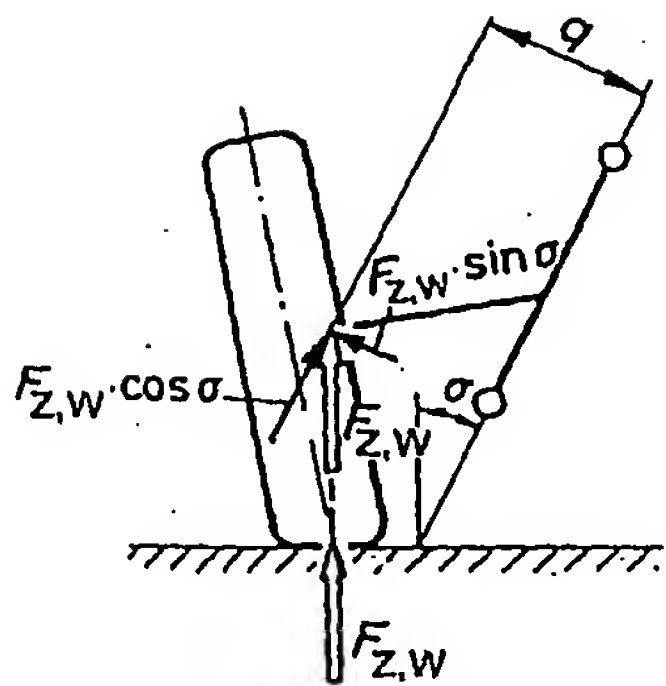
Bild 1

Bild 2









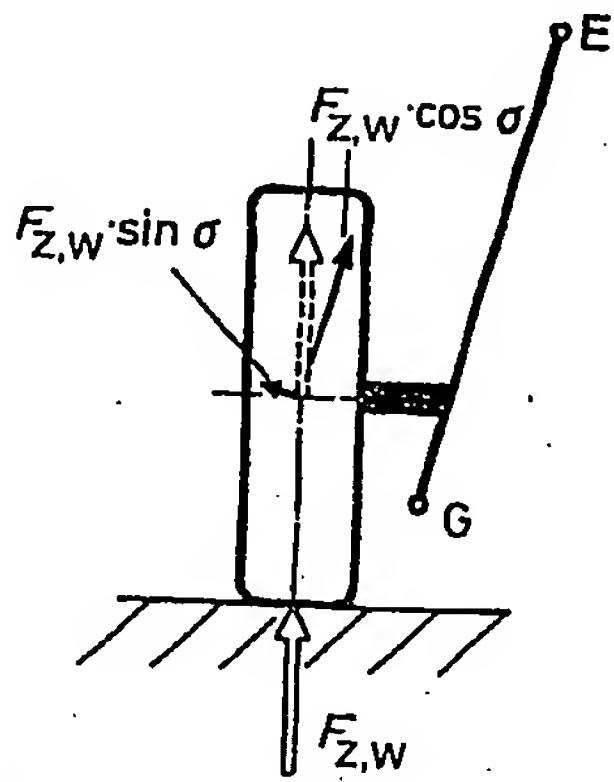
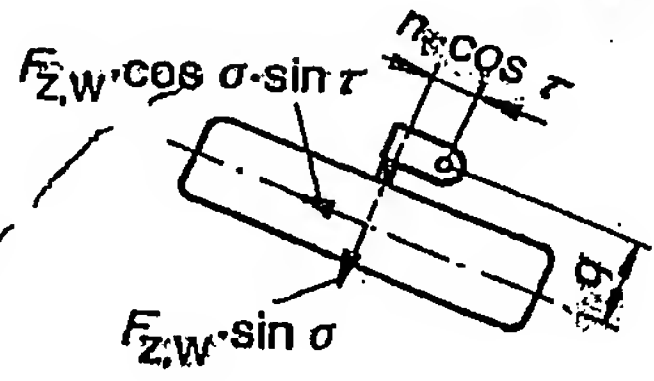
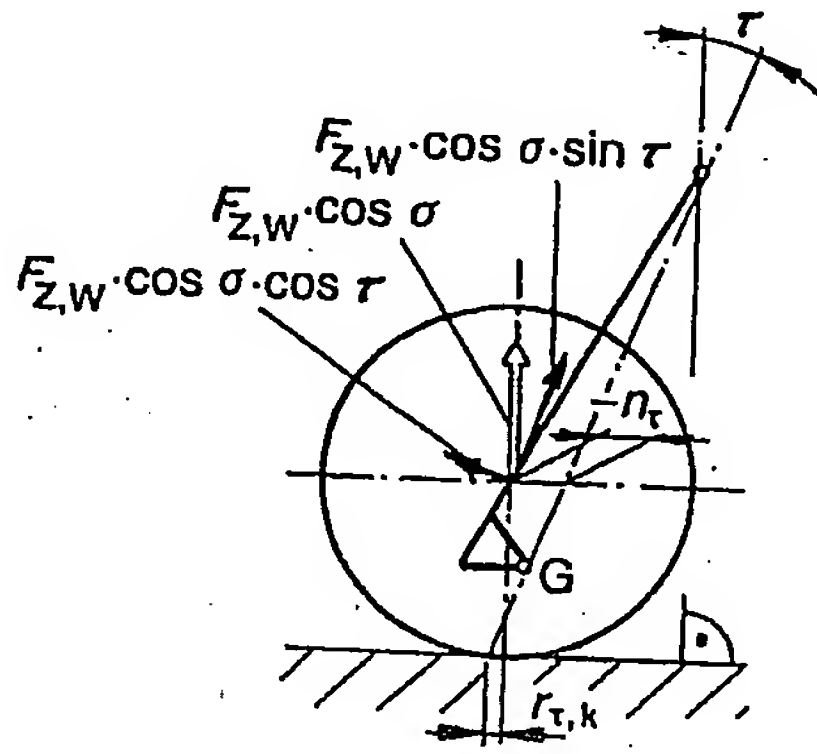


Bild 5



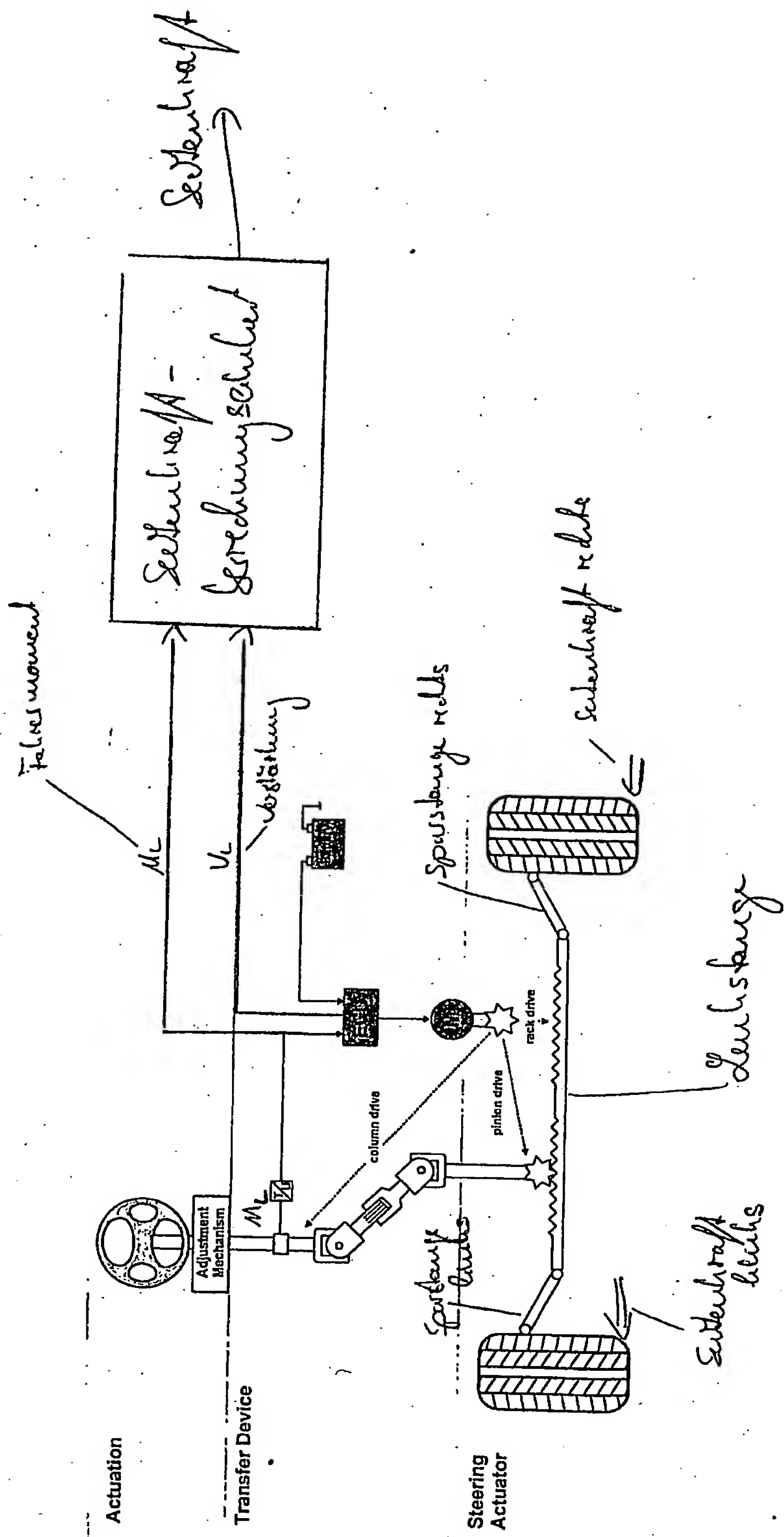


Bild 6

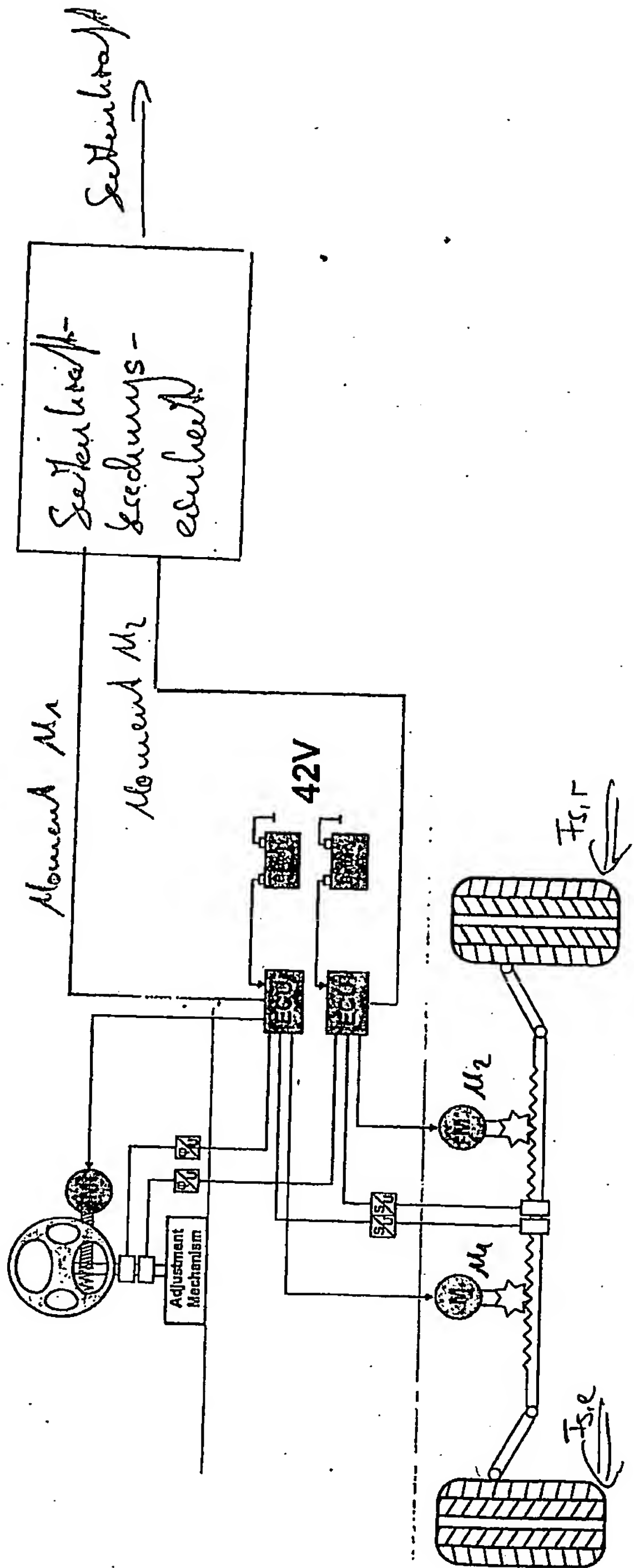


Bild 7